
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2011/2012 Academic Session

June 2012

EAS 152/3 – Strength of Materials *[Kekuatan Bahan]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **TWENTY ONE (21)** pages of printed material including 2 Appendices before you begin the examination

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA PULUH SATU (21)** muka surat yang bercetak termasuk 2 lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions : This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

Arahan : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan].

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris].

All questions **MUST BE** answered on a new page.

*[Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru].*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan].

1. (a) Connection as shown in **Figure 1** has been proposed to transfer the load W from the lower bar to the upper bar. Show sections/locations where shear stress, bearing stress and normal stress occur in the connection using appropriate free body diagram.

[4 marks]

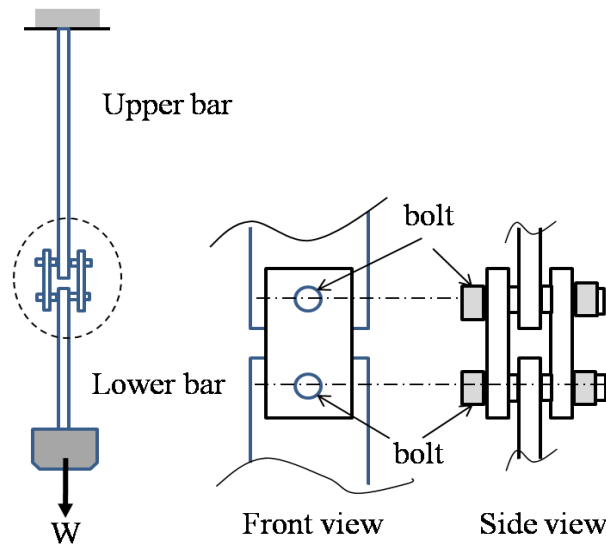


Figure 1

- (b) The rigid triangular frame as shown in **Figure 2** is pinned supported at C and connected to a horizontal tie AB at A. The frame is loaded with vertical load $P=20\text{kN}$ at D. Thickness of the triangular frame is 25mm and diameter of tie AB is 10mm. Details of connection at A and C are also shown in **Figure 2**. Determine:

- (i) shear stress in bolt at A
- (ii) bearing stress on triangular frame at A
- (iii) shear stress in bolt at C
- (iv) bearing stress between bolt and triangular frame at C
- (v) normal stress in tie AB

The load P at D is transferred to the triangular frame by using the connection as shown in **Figure 3**. Determine if the pin is safe to be used if allowable shear stress in pin τ_{allow} and allowable bearing stress on pin $\sigma_{b,\text{allow}}$ is 75MPa and 150MPa, respectively.

[16 marks]

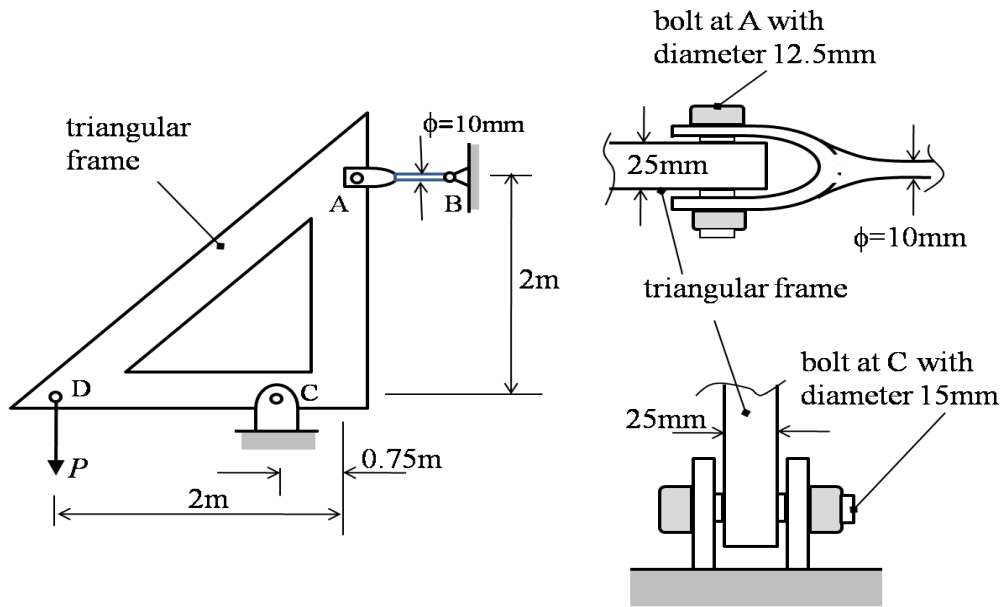


Figure 2

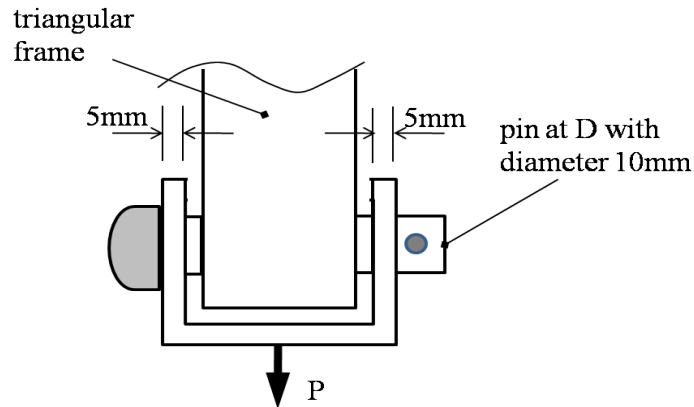


Figure 3

2. A rigid bar ABD is supported in two different ways as shown in **Figures 4 and 5**. Thickness of the rigid bar is 7.5mm. Point B is a pinned support. A load $P=20\text{kN}$ acts at point C in both **Figures 4 and 5**. Bar DE in **Figure 4** is a square bar with uniform size of $7.5\text{mm} \times 7.5\text{mm}$. Bar AF in **Figure 5** is a stepped bar with size of $7.5\text{mm} \times 7.5\text{mm}$ along AG and HF; and $5\text{mm} \times 7.5\text{mm}$ along GH. Both bars are made of steel with elastic modulus $E=200\text{GPa}$. Determine:

- The vertical displacements of points A and D in Figure 4
- The vertical displacements of points A and D in Figure 5
- The normal stress in bar DE in Figure 4
- The normal stress in portion HG of bar AF in Figure 5

Also, determine the rotation of rigid bar ABC about point B for both cases shown in **Figures 4** and **5**. State the arrangement that will result in larger rotation.

[20 marks]

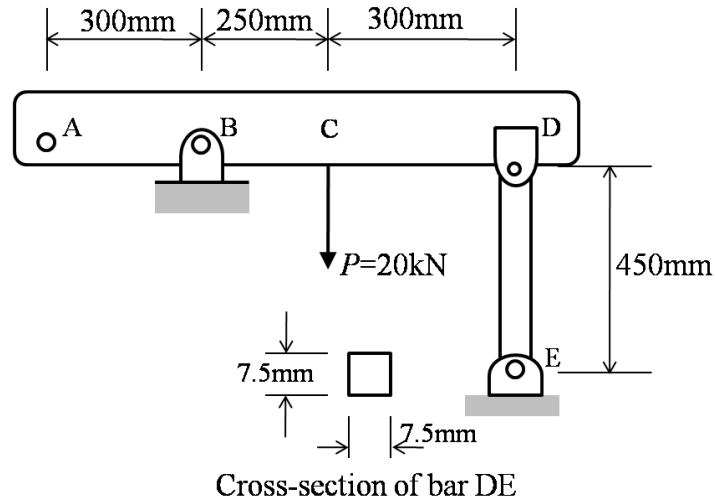


Figure 4

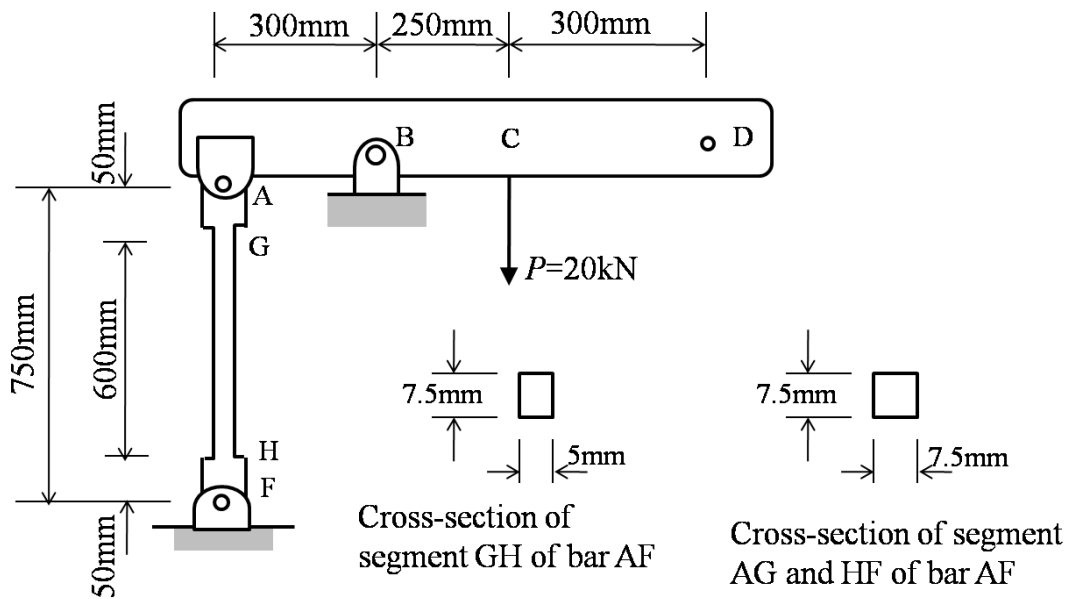


Figure 5

3. (a) **Figure 6** shows the Mohr's circle which has been constructed for the element in plane stress subjected to $\sigma_x=100\text{MPa}$, $\sigma_y=34\text{MPa}$ and $\tau_{xy}=28\text{MPa}$ as shown in **Figure 7**. Mohr's circle in **Figure 6** is drawn to scale.

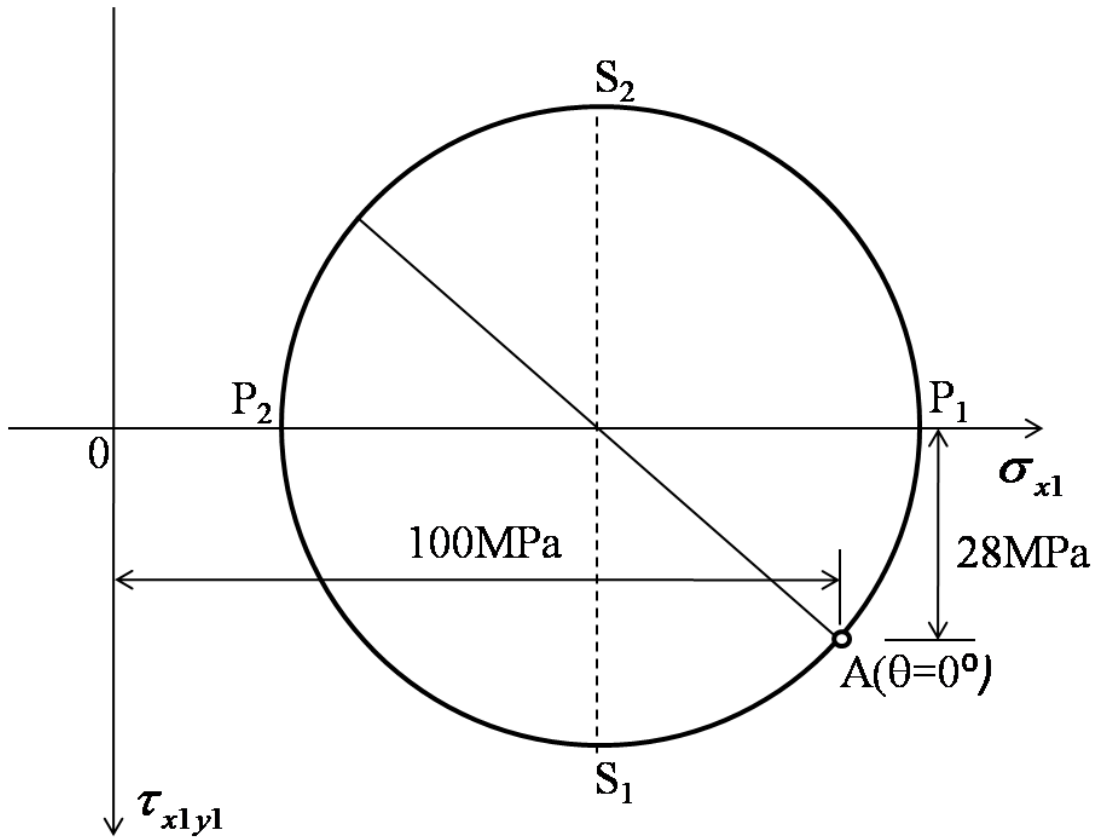


Figure 6

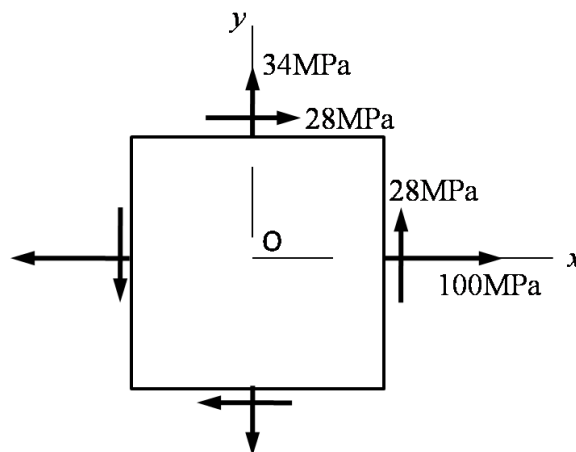


Figure 7

Using the constructed Mohr's circle, show on sketches of properly oriented element:

- (i) an element inclined at an angle of $\theta=50^\circ$
- (ii) the principal stresses
- (iii) maximum shear stress and the corresponding normal stress

[6 marks]

- (b) The stresses acting on element A in the web of an I-beam are found to be 65MPa compression in the horizontal direction and 7MPa compression in the vertical direction as shown in **Figure 8**. Also, shear stress of magnitude 25MPa act in the directions shown in **Figure 8**.

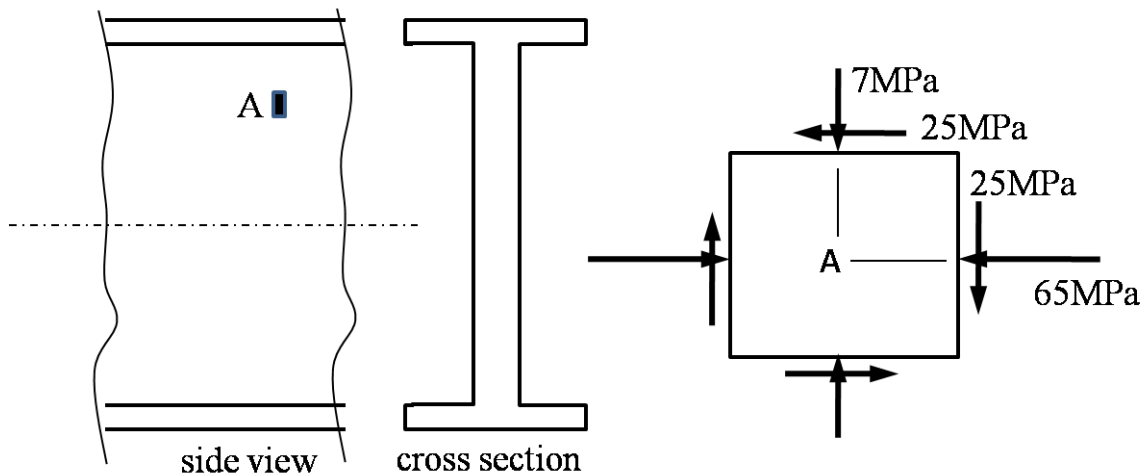


Figure 8

Using Mohr's circle, determine:

- (i) the stresses acting on an element oriented at a counterclockwise angle of 39° from the horizontal. Show the results on a sketch of a properly oriented element.
- (ii) the principal stresses.
- (iii) the maximum shear stress and the corresponding normal stress. Show the results on a sketch of a properly oriented element.

[14 marks]

4. A 3.6 m long overhanging beam AC and 2.4 m span AB is to be designed to support the uniformly distributed and concentrated loads shown in **Figure 9**.

(a) Draw the shear force and bending moment diagrams for the beam under the loading shown.

[12 marks]

(b) Determine the maximum absolute value of the shear and the bending moment.

[2 marks]

(c) Determine the minimum required depth h of the beam, if knowing that timber of 100 mm nominal width (89 mm actual width) with a 12 N/mm^2 allowable stress is to be used.

[3 marks]

(d) Given that the allowable shearing stress for the timber beam is 1.72 N/mm^2 , check whether the section obtained for the beam in (c) is acceptable from the point of view of the shearing stress.

[3 marks]

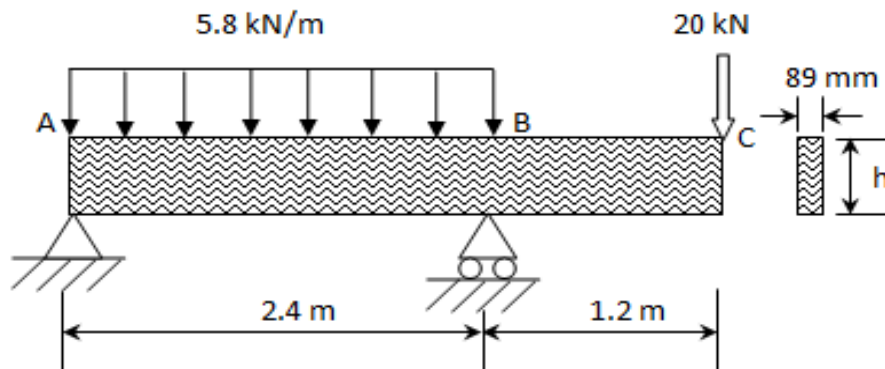


Figure 9

5. (a) An axial load P is applied to the 32 mm square aluminum bar BC as shown in **Figure 10**. When $P = 19 \text{ kN}$, the horizontal deflection at end C is 5 mm. Using $E = 70 \text{ GPa}$, determine

(i) the eccentricity e of the load,

(ii) the maximum stress in the aluminum bar.

Given,

$$y_{\max} = e \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_{cr}}} \right) - 1 \right]$$

[12 marks]

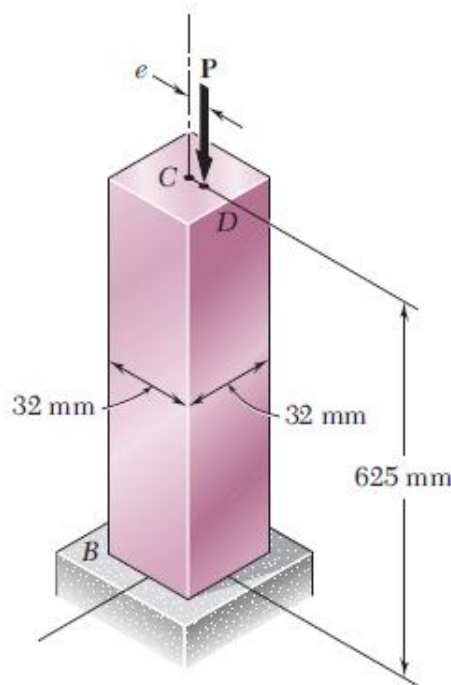


Figure 10

- (b) List **FOUR (4)** types of column with different end condition and discuss briefly the differences between types of column in terms of critical load.

[8 marks]

6. (a) A 5 m long, simply supported steel beam AD is to carry the distributed and concentrated loads shown in **Figure 11**. Knowing that the allowable normal stress for the grade of steel to be used is 160 MPa, select the Universal Beam section that should be used (refer to Appendix 1 and 2).

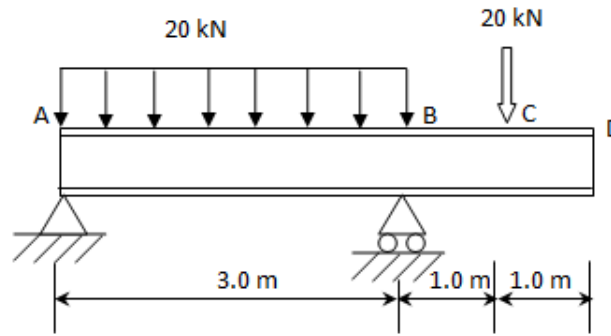


Figure 11

[10 marks]

- (b) **Figure 12** shows a beam ABC with different flexural rigidity (EI) subjected to a uniformly distributed load (w) at span AB and a moment (M) at point C. Using $E = 200 \text{ GPa}$ and $I = 150 \times 10^6 \text{ mm}^4$,

- (i) Determine the slope and deflection at the mid-span of AB of the beam if $w = 5 \text{ kN/m}$, $L = 10 \text{ m}$ and $M = 10 \text{ kNm}$.

[8 marks]

- (ii) If the allowable deflection at the mid-span of beam AB of the beam is 1.5 mm , determine the smallest flexural rigidity (EI) required for the beam.

[2 marks]

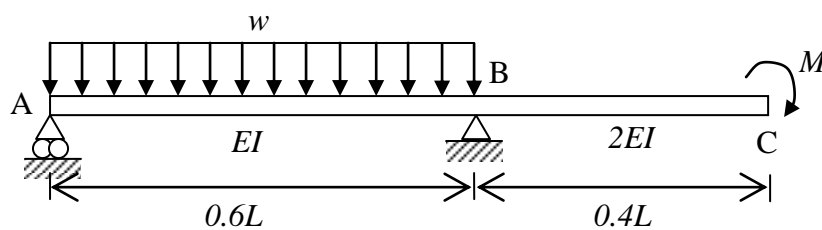


Figure 12

7. (a) By using a sketch for a circular bar or shaft subjected to torsion, explain briefly the following terminologies:

- couple,
- torque or twisting moment, and
- angle of twist.

[4 marks]

- (b) **Figure 13** shows a solid circular shaft ABCD of a machine constructed of steel having shear modulus of 80 GPa. The steel shaft is subjected to four torques acting in the direction shown in the figure. The allowable shear stress is 150 MPa and the allowable rate of twist is $6^\circ/\text{m}$. Determine the minimum allowable diameter of the shaft based upon allowable rate of twist.

[8 marks]

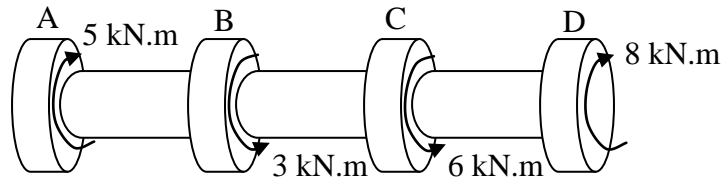


Figure 13

- (c) A motor driving a solid circular shaft ABC of 75 mm diameter transmits 50 kW to the shaft at 120 revolutions per minute as shown in **Figure 14**. The gear at B drives machinery requiring power of 40 kW. Compute the torque at ends A and B of the shaft. Then determine the maximum shear stress in the shaft and the angle of twist between the motor at A and the gear at B. Use shear modulus of 80 GPa.

[8 marks]

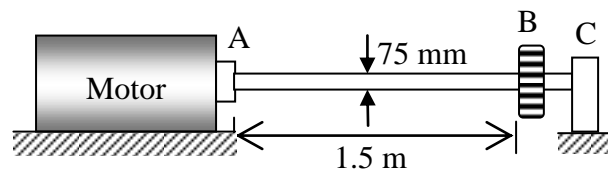
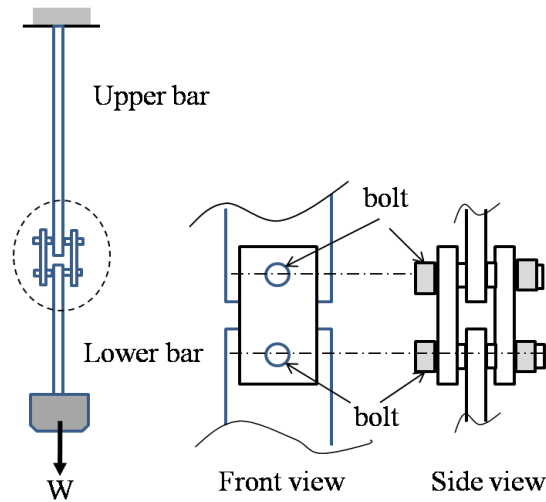


Figure 14

1. (a) Sambungan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** telah dicadangkan untuk memindahkan beban W dari bar bawahan ke bar atasan.



Rajah 1

Dengan menggunakan gambar rajah jasad bebas yang sesuai, tunjukkan kedudukan/keratan di mana tegasan ricih, tegasan galas dan tegasan normal berlaku dalam sambungan.

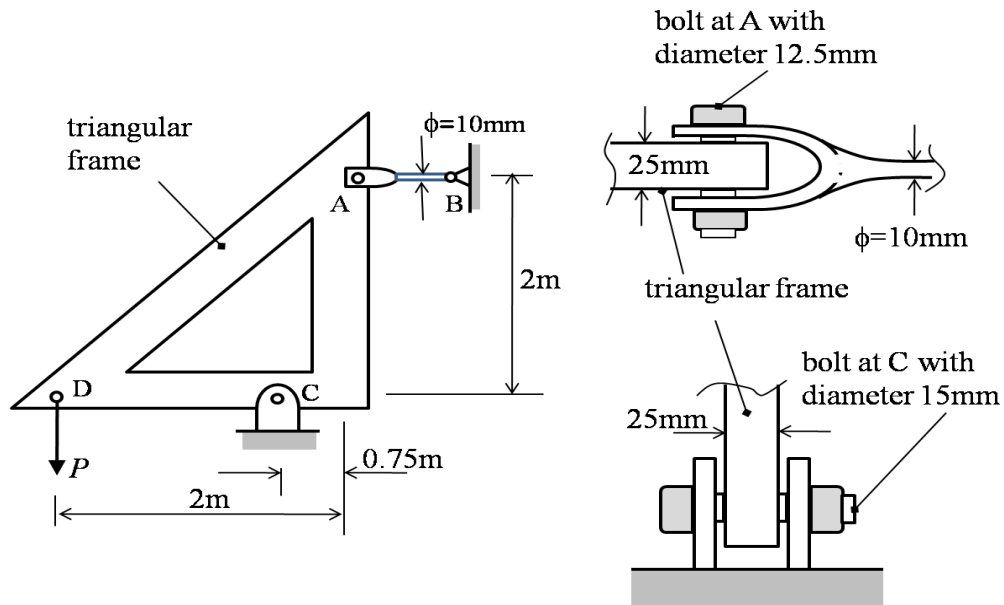
[4 markah]

- (b) Kerangka segitiga tegar seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2** disambung dengan sambungan pin di penyokong C dan diikat kepada satu penambat ufuk AB di A . Kerangka berkenaan dibebani dengan satu beban pugak $P=20\text{kN}$ di D . Tebal kerangka adalah 25mm dan garispusat penambat AB ialah 10mm . Perincian sambungan di A dan C juga ditunjukkan dalam **Rajah 2**. Tentukan:

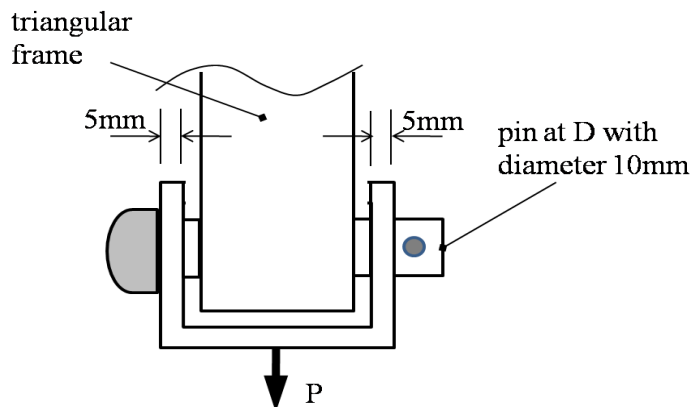
- (i) tegasan ricih dalam bolt di A
- (ii) tegasan galas atas kerangka segitiga di A
- (iii) tegasan ricih dalam bolt di C
- (iv) tegasan galas antara bolt dan kerangka segitiga di C
- (v) tegasan normal dalam penambat AB

Beban P di D dipindahkan ke kerangka segitiga dengan menggunakan sambungan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**. Tentukan sama ada pin di sambungan adalah selamat digunakan sekiranya tegasan ricih dibenarkan dalam pin τ_{allow} ialah 75MPa dan tegasan galas atas pin dibenarkan $\sigma_{b,\text{allow}}$ ialah 150MPa .

[16 markah]



Rajah 2



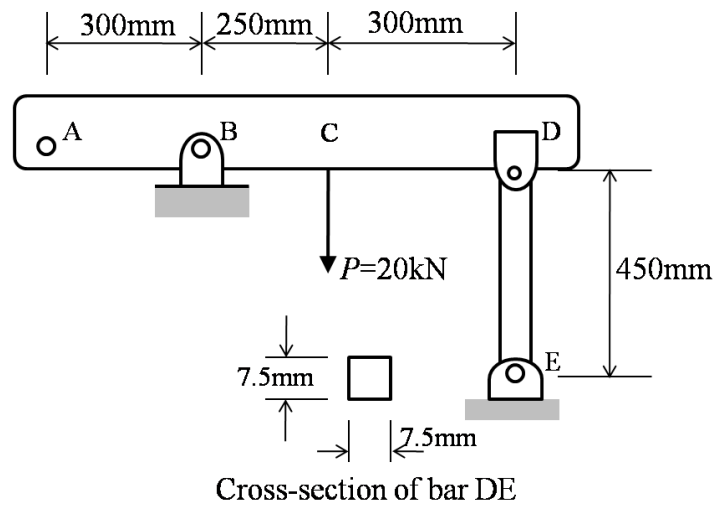
Rajah 3

2. Satu bar tegar ABD disokong dalam dua cara yang berbeza seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4** dan **Rajah 5**. Tebal bar tegar ialah 7.5mm. Titik B ialah penyokong pin. Satu beban $P=20\text{kN}$ bertindak di titik C dalam kedua-dua **Rajah 4** dan **Rajah 5**. Bar DE dalam **Rajah 4** ialah satu bar dengan saiz keratan segiempat sama seragam 7.5mm \times 7.5mm. Bar AF dalam **Rajah 5** ialah satu bar dengan keratan berbeza; saiz keratan bahagian AG dan HF ialah 7.5mm \times 7.5mm manakala saiz keratan bahagian GH ialah 5mm \times 7.5mm. Kedua-dua bar dibuat daripada keluli dengan nilai modulus keanjalan $E=200\text{GPa}$. Tentukan:

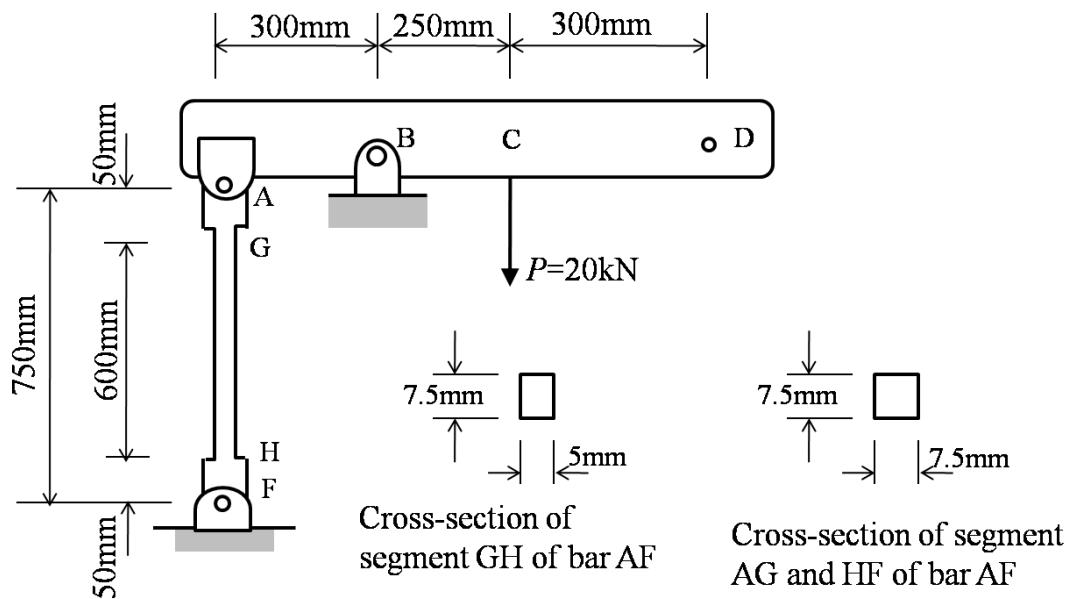
- anjakan pugak titik A dan titik D dalam **Rajah 4**
- anjakan pugak titik A dan titik D dalam **Rajah 5**
- tegasan normal dalam bar DE dalam **Rajah 4**
- tegasan normal bahagian HG dalam bar AF dalam **Rajah 5**

Juga, tentukan putaran bar tegar ABC terhadap titik B untuk kedua-dua cara sokongan dalam **Rajah 4** dan **Rajah 5**. Nyatakan cara sokongan yang akan mengakibatkan putaran yang lebih besar.

[20 markah]

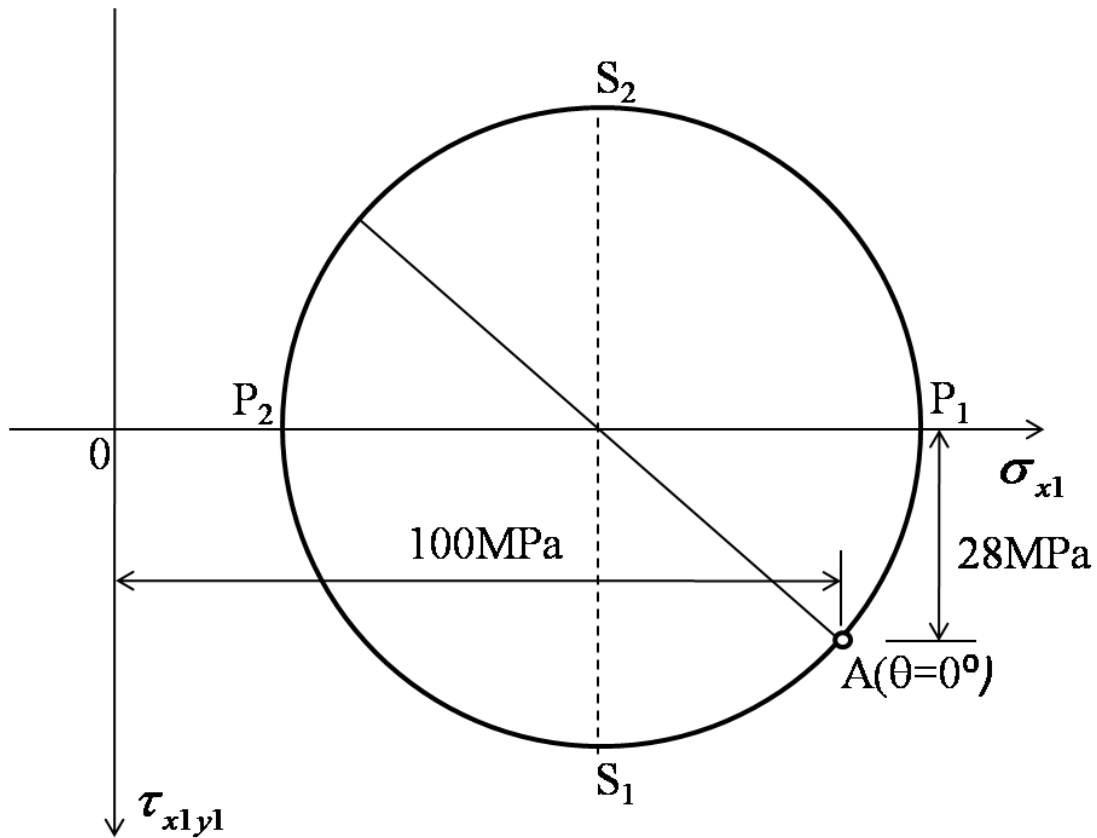


Rajah 4

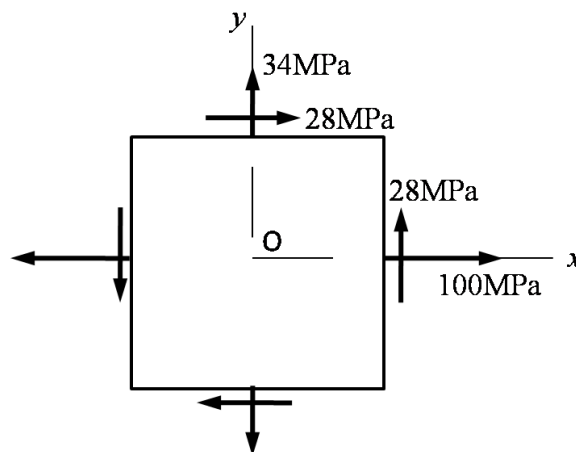


Rajah 5

3. (a) **Rajah 6** menunjukkan bulatan Mohr yang telah dilukis untuk elemen tegasan satah yang di bawah beban $\sigma_x=100\text{MPa}$, $\sigma_y=34\text{MPa}$ dan $\tau_{xy}=28\text{MPa}$ seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**. Bulatan Mohr dalam Rajah 6 dilukis mengikut skala.



Rajah 6



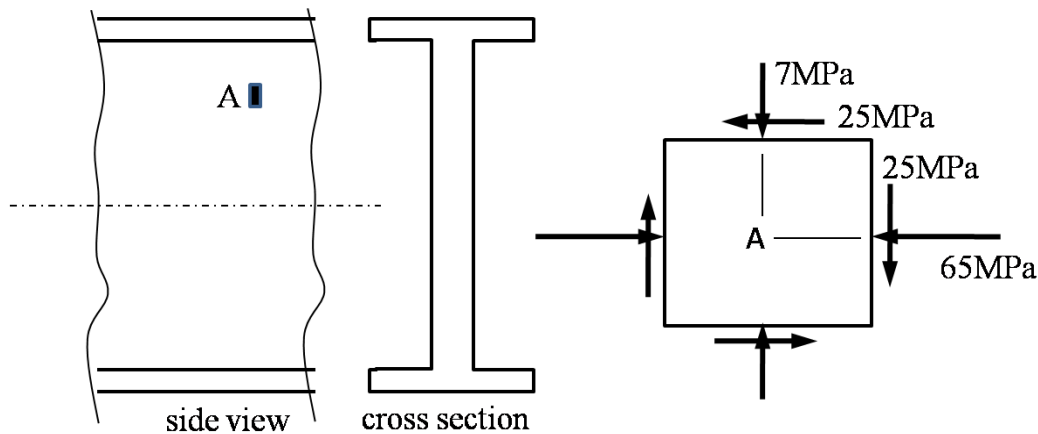
Rajah 7

Dengan menggunakan bulatan Mohr yang telah dilukis, tunjukkan di atas lakaran elemen dengan orientasi yang sesuai:

- (i) tegasan atas satu elemen yang berada pada sudut $\theta=50^\circ$
- (ii) tegasan utama
- (iii) tegasan ricih maksima dan tegasan normal yang berkaitan

[6 markah]

- (b) Tegasan yang bertindak ke atas elemen A dalam web satu rasuk berbentuk I didapati sama dengan 65MPa mampatan dalam arah ufuk dan 7MPa mampatan dalam arah pugak seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 8**. Juga, tegasan ricih dengan magnitud 25MPa bertindak dalam arah seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 8**.



Rajah 8

Gunakan bulatan Mohr, tentukan:

- (i) tegasan bertindak ke atas satu elemen yang berada dalam orientasi dengan sudut 39° lawan-jam dari ufuk. Tunjukkan tegasan atas satu lakaran elemen pada orientasi yang sesuai.
- (ii) tegasan utama
- (iii) tegasan ricih maksima dan juga tegasan normal yang berkaitan. Tunjukkan tegasan berkaitan atas satu lakaran elemen pada orientasi yang sesuai.

[14 markah]

4. Sebatang rasuk julus AC dengan 3.6 m panjang dan rentang AB dengan 2.4 m panjang akan direkabentuk untuk menanggung beban teragih seragam dan beban tumpu seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 9**.

(a) Lakarkan gambarajah daya ricih dan momen lentur untuk rasuk dengan beban yang ditunjukkan.,

[12 markah]

(b) Dapatkan nilai mutlak maksimum untuk ricih dan momen lentur

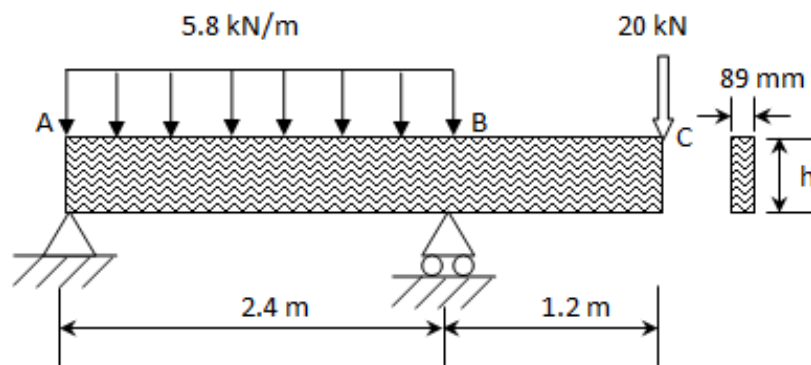
[2 markah]

(c) Dapatkan kedalaman h minimum yang diperlukan, jika diketahui kayu tersebut mempunyai lebar nominal 100 mm (lebar sebenar ialah 89 mm) dengan nilai tegasan yang dibenarkan ialah 12 N/mm^2 akan digunakan.

[3 markah]

(d) Dengan mengetahui nilai tegasan ricih yang dibenarkan untuk rasuk tersebut ialah 1.72 N/mm^2 , pastikan keratan yang diperolehi untuk rasuk tersebut adalah boleh diterima.

[3 markah]



Rajah 9

5. (a) Beban pugak P dikenakan ke atas 32 mm bar aluminum segiempat sama BC seperti ditunjukkan dalam **Rajah 10**. Apabila $P = 19 \text{ kN}$, anjakan mendatar pada hujung C ialah 5 mm. Gunakan $E = 70 \text{ GPa}$, dapatkan

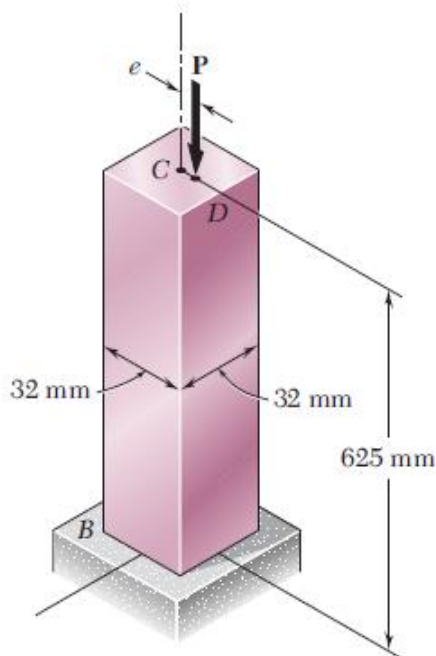
(i) nilai kesipian e untuk beban yang diberikan

(ii) nilai tegasan maksimum dalam bar aluminium

Diberikan.

$$y_{\max} = e \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_{cr}}} \right) - 1 \right]$$

[12 markah]



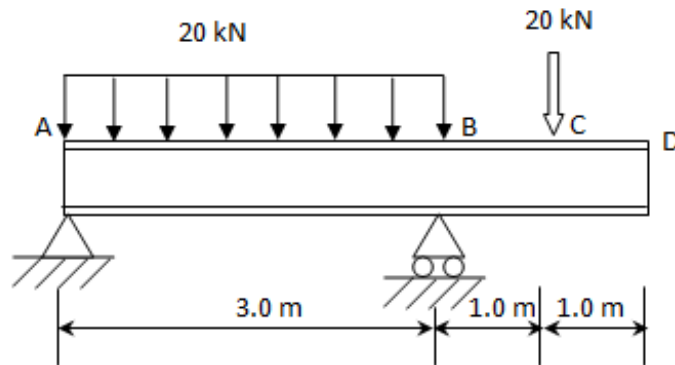
Rajah 10

- (b) Senaraikan **EMPAT (4)** jenis tiang dengan perbezaan keadaan hujung dan bincangkan dengan ringkas tentang perbezaan antara beban kritikal tiang tersebut.

[8 markah]

6. (a) Sebatang rasuk keluli AD dengan panjang 5 m diperlukan untuk menanggung beban teragih seragam dan tumpu seperti dalam **Rajah 11**. Diketahui tegasan normal yang dibenarkan untuk gred keluli yang akan digunakan adalah 160MPa, pilih keratan rasuk Universal yang sesuai yang perlu digunakan (rujuk Lampiran 1 dan 2).

[10 markah]



Rajah 11

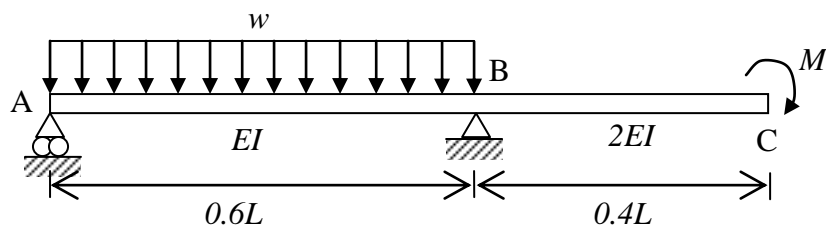
(b) **Rajah 12** menunjukkan satu rasuk ABC dengan ketegaran lenturan (EI) yang berbeza seperti yang ditunjukkan di bawah tindakan beban teragih seragam (w) di rentang AB dan momen (M) di titik C. Guna $E = 200 \text{ GPa}$ dan $I = 150 \times 10^6 \text{ mm}^4$.

(i) Tentukan cerun dan pesongan di pertengahan rentang rasuk AB tersebut jika $w = 5 \text{ kN/m}$, $L = 10 \text{ m}$ dan $M = 10 \text{ kNm}$.

[8 markah]

(ii) Jika pesongan yang dibenarkan di pertengahan rentang rasuk AB ialah 1.5 mm , tentukan ketegaran lenturan (EI) rasuk yang diperlukan.

[2 markah]



Rajah 12

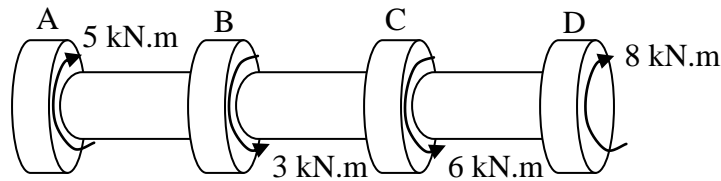
7. (a) Dengan menggunakan lakaran untuk satu bar atau aci bulat yang dikenakan kilasan, jelaskan dengan ringkas terminologi berikut:

- (i) beban ganding
- (ii) tork atau momen puihan, dan
- (iii) sudut puihan.

[4 markah]

- (b) **Rajah 13** menunjukkan satu aci padu ABCD sebuah mesin yang diperbuat daripada keluli dengan modulus ricih 80 GPa. Aci keluli tersebut dikenakan empat kilasan/piuhan dalam arah seperti yang ditunjukkan dalam rajah. Tegasan ricih yang dibenarkan ialah 150 MPa dan sudut piuhan yang dibenarkan ialah $6^\circ/\text{m}$. Tentukan diameter minimum yang dibenarkan berdasarkan sudut piuhan yang dibenarkan.

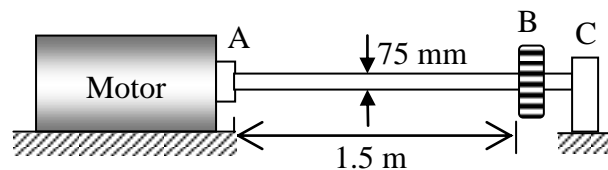
[8 markah]



Rajah 13

- (c) Satu motor yang memacu aci padu ABC dengan diameter 75 mm menghantar kuasa sebanyak 50 kW ke aci dalam 120 putaran seminit seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 14**. Gear di B memacu mesin yang memerlukan kuasa 40 kW. Kirakan tork di hujung A dan B aci. Kemudian, tentukan tegasan ricih maksimum dalam aci dan sudut piuhan antara motor di A dan gear di B. Guna modulus ricih 80 GPa.

[8 markah]



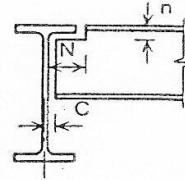
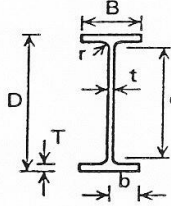
Rajah 14

Appendix 1

Lampiran 1

BS 5950-1: 2000
BS 4-1: 1993

UNIVERSAL BEAMS



DIMENSIONS

Section Designation	Mass per Metre kg/m	Depth of Section D mm	Width of Section B mm	Thickness		Root Radius r mm	Depth between Fillets d mm	Ratios for Local Buckling		Dimensions for Detailing			Surface Area	
				Web	Flange			Flange	Web	End Clearance C mm	Notch		Per Metre m ²	Per Tonne m ²
				t mm	T mm			b/T	d/t		N mm	n mm		
457x191x98	98.3	467.2	192.8	11.4	19.6	10.2	407.6	4.92	35.6	8	102	30	1.67	16.9
457x191x89	89.3	463.4	191.9	10.5	17.7	10.2	407.6	5.42	36.8	7	102	28	1.65	18.5
457x191x82	82.0	460.0	191.3	9.9	16.0	10.2	407.6	5.98	41.2	7	102	28	1.65	20.1
457x191x74	74.3	457.0	190.4	9.0	14.5	10.2	407.6	6.57	45.3	7	102	26	1.64	22.1
457x191x67	67.1	453.4	189.9	8.5	12.7	10.2	407.6	7.48	48.0	6	102	24	1.63	24.3
457x152x82	82.1	465.8	155.3	10.5	18.9	10.2	407.6	4.11	38.8	7	84	30	1.51	18.4
457x152x74	74.2	462.0	154.4	9.6	17.0	10.2	407.6	4.54	42.5	7	84	28	1.50	20.3
457x152x67	67.2	458.0	153.8	9.0	15.0	10.2	407.6	5.13	45.3	7	84	26	1.50	22.3
457x152x60	59.8	454.6	152.9	8.1	13.3	10.2	407.6	5.75	50.3	6	84	24	1.49	24.9
457x152x52	52.3	449.8	152.4	7.6	10.9	10.2	407.6	6.99	53.6	6	84	22	1.48	28.2
406x178x74	74.2	412.8	179.5	9.5	16.0	10.2	360.4	5.61	37.9	7	96	28	1.51	20.3
406x178x67	67.1	409.4	178.8	8.8	14.3	10.2	360.4	6.25	41.0	6	96	26	1.50	22.3
406x178x60	60.1	406.4	177.9	7.9	12.8	10.2	360.4	6.95	45.6	6	96	24	1.49	24.8
406x178x54	54.1	402.6	177.7	7.7	10.9	10.2	360.4	8.15	46.8	6	96	22	1.48	27.4
406x140x46	46.0	403.2	142.2	6.8	11.2	10.2	360.4	6.35	53.0	5	78	22	1.34	29.2
406x140x39	39.0	398.0	141.8	6.4	8.6	10.2	360.4	8.24	56.3	5	78	20	1.33	34.2
356x171x67	67.1	363.4	173.2	9.1	15.7	10.2	311.6	5.52	34.2	7	94	26	1.38	20.6
356x171x57	57.0	358.0	172.2	8.1	13.0	10.2	311.6	6.62	38.5	6	94	24	1.37	24.1
356x171x51	51.0	355.0	171.5	7.4	11.5	10.2	311.6	7.46	42.1	6	94	22	1.36	26.7
356x171x45	45.0	351.4	171.1	7.0	9.7	10.2	311.6	8.82	44.5	6	94	20	1.36	30.1
356x127x39	39.1	353.4	126.0	6.6	10.7	10.2	311.6	5.89	47.2	5	70	22	1.18	30.2
356x127x33	33.1	349.0	125.4	6.0	8.5	10.2	311.6	7.38	51.9	5	70	20	1.17	35.4
305x165x54	54.0	310.4	166.9	7.9	13.7	8.9	265.2	6.09	33.6	6	90	24	1.26	23.3
305x165x46	46.1	306.6	165.7	6.7	11.8	8.9	265.2	7.02	39.6	5	90	22	1.25	27.1
305x165x40	40.3	303.4	165.0	6.0	10.2	8.9	265.2	8.09	44.2	5	90	20	1.24	30.8
305x127x48	48.1	311.0	125.3	9.0	14.0	8.9	265.2	4.47	28.5	7	70	24	1.09	22.7
305x127x42	41.9	307.2	124.3	8.0	12.1	8.9	265.2	5.14	33.1	6	70	22	1.08	25.8
305x127x37	37.0	304.4	123.4	7.1	10.7	8.9	265.2	5.77	37.4	6	70	20	1.07	29.0
305x102x33	32.8	312.7	102.4	6.6	10.8	7.6	275.9	4.74	41.8	5	58	20	1.01	30.8
305x102x28	28.2	308.7	101.8	6.0	8.8	7.6	275.9	5.78	46.0	5	58	18	1.00	35.4
305x102x25	24.8	305.1	101.6	5.8	7.0	7.6	275.9	7.26	47.6	5	58	16	0.992	40.0
254x146x43	43.0	259.6	147.3	7.2	12.7	7.6	219.0	5.60	30.4	6	82	22	1.08	25.1
254x146x37	37.0	256.0	146.4	6.3	10.9	7.6	219.0	6.72	34.8	5	82	20	1.07	29.0
254x146x31	31.1	251.4	146.1	6.0	8.6	7.6	219.0	8.49	36.5	5	82	18	1.06	34.2
254x102x28	28.3	260.4	102.2	6.3	10.0	7.6	225.2	5.11	35.7	5	58	18	0.904	31.9
254x102x25	25.2	257.2	101.9	6.0	8.4	7.6	225.2	6.07	37.5	5	58	16	0.897	35.6
254x102x22	22.0	254.0	101.6	5.7	6.8	7.6	225.2	7.47	39.5	5	58	16	0.890	40.5
203x133x30	30.0	206.8	133.9	6.4	9.6	7.6	172.4	6.97	26.9	5	74	18	0.923	30.8
203x133x25	25.1	203.2	133.2	5.7	7.8	7.6	172.4	8.54	30.2	5	74	16	0.915	36.4
203x102x23	23.1	203.2	101.8	5.4	9.3	7.6	169.4	5.47	31.4	5	60	18	0.790	34.2
178x102x19	19.0	177.8	101.2	4.8	7.9	7.6	146.8	6.41	30.6	4	60	16	0.738	38.8
152x89x16	16.0	152.4	88.7	4.5	7.7	7.6	121.8	5.76	27.1	4	54	16	0.638	39.8
127x76x13	13.0	127.0	76.0	4.0	7.6	7.6	96.6	5.00	24.1	4	46	16	0.537	41.3

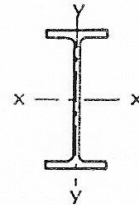
Appendix 2

Lampiran 2

BS 5950-1: 2000

BS 4-1: 1993

UNIVERSAL BEAMS



PROPERTIES

Section Designation	Second Moment of Area		Radius of Gyration		Elastic Modulus		Plastic Modulus		Buckling Parameter	Torsional Index	Warping Constant	Torsional Constant	Area of Section
	Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x	Axis y-y					
	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³					
457x191x98	45700	2350	19.1	4.33	1960	243	2230	379	0.882	25.7	1.18	121	125
457x191x89	41000	2090	19.0	4.29	1770	218	2010	338	0.879	26.3	1.04	90.7	114
457x191x82	37100	1870	18.8	4.23	1610	196	1830	304	0.879	30.8	0.922	69.2	104
457x191x74	33300	1670	18.8	4.20	1460	176	1650	272	0.877	33.8	0.818	51.8	94.6
457x191x67	29400	1450	18.5	4.12	1300	153	1470	237	0.872	37.9	0.705	37.1	85.5
457x152x82	36600	1190	18.7	3.37	1570	153	1810	240	0.871	27.4	0.591	89.2	105
457x152x74	32700	1050	18.6	3.33	1410	136	1630	213	0.873	30.2	0.518	65.9	94.5
457x152x67	28900	913	18.4	3.27	1260	119	1450	187	0.868	33.6	0.448	47.7	85.6
457x152x60	25500	795	18.3	3.23	1120	104	1290	163	0.868	37.5	0.367	33.6	76.2
457x152x52	21400	645	17.9	3.11	950	84.6	1100	133	0.859	43.8	0.311	21.4	66.6
406x178x74	27300	1550	17.0	4.04	1320	172	1500	267	0.882	27.6	0.608	62.8	94.5
406x178x67	24300	1370	16.9	3.99	1190	153	1350	237	0.880	30.5	0.533	46.1	85.5
406x178x60	21600	1200	16.8	3.97	1060	135	1200	209	0.880	33.8	0.466	33.3	76.5
406x178x54	18700	1020	16.5	3.85	930	115	1050	178	0.871	38.3	0.392	23.1	69.0
406x140x46	15700	538	16.4	3.03	778	75.7	888	118	0.872	39.0	0.207	19.0	58.6
406x140x39	12500	410	15.9	2.87	629	57.8	724	90.8	0.858	47.5	0.155	10.7	49.7
356x171x67	19500	1360	15.1	3.99	1070	157	1210	243	0.886	24.4	0.412	55.7	85.5
356x171x57	16000	1110	14.9	3.91	896	129	1010	199	0.882	28.8	0.330	33.4	72.6
356x171x51	14100	968	14.8	3.86	796	113	896	174	0.881	32.1	0.286	23.8	64.9
356x171x45	12100	811	14.5	3.76	687	94.8	775	147	0.874	36.8	0.237	15.8	57.3
356x127x39	10200	358	14.3	2.68	576	56.8	659	89.1	0.871	35.2	0.105	15.1	49.8
356x127x33	8250	280	14.0	2.58	473	44.7	543	70.3	0.863	42.2	0.081	8.79	42.1
305x165x54	11700	1060	13.0	3.93	754	127	846	196	0.889	23.6	0.234	34.8	68.8
305x165x46	9900	896	13.0	3.90	646	108	720	166	0.891	27.1	0.195	22.2	58.7
305x165x40	8500	764	12.9	3.86	560	92.6	623	142	0.889	31.0	0.164	14.7	51.3
305x127x48	9580	461	12.5	2.74	616	73.6	711	116	0.874	23.3	0.102	31.8	61.2
305x127x42	8200	389	12.4	2.70	534	62.6	614	98.4	0.872	26.6	0.0846	21.1	53.4
305x127x37	7170	336	12.3	2.67	471	54.5	539	85.4	0.871	29.7	0.0725	14.8	47.2
305x102x33	6500	184	12.5	2.15	416	37.9	481	60.0	0.867	31.6	0.0442	12.2	41.8
305x102x28	5370	155	12.2	2.08	348	30.5	403	48.5	0.859	37.4	0.0349	7.40	35.9
305x102x25	4460	123	11.9	1.97	292	24.2	342	36.8	0.846	43.4	0.0273	4.77	31.6
254x146x43	6540	677	10.9	3.52	504	92.0	566	141	0.890	21.2	0.103	23.9	54.8
254x146x37	5540	571	10.8	3.48	433	76.0	483	119	0.889	24.4	0.0857	15.3	47.2
254x146x31	4410	448	10.5	3.36	351	61.3	393	94.1	0.879	29.6	0.0680	8.55	39.7
254x102x28	4010	179	10.5	2.22	308	34.9	353	54.8	0.874	27.5	0.0280	9.57	36.1
254x102x25	3420	149	10.3	2.15	266	29.2	306	46.0	0.867	31.4	0.0230	6.42	32.0
254x102x22	2840	119	10.1	2.06	224	23.5	259	37.3	0.856	36.3	0.0182	4.15	28.0
203x133x30	2900	385	8.71	3.17	280	57.5	314	68.2	0.881	21.5	0.0374	10.3	38.2
203x133x25	2340	308	8.56	3.10	230	46.2	258	70.9	0.877	25.6	0.0294	5.96	32.0
203x102x23	2110	164	8.46	2.36	207	32.2	234	49.8	0.888	22.5	0.0154	7.02	29.4
178x102x19	1360	137	7.48	2.37	153	27.0	171	41.6	0.886	22.6	0.00987	4.41	24.3
152x89x16	834	89.8	6.41	2.10	109	20.2	123	31.2	0.889	19.6	0.00470	3.56	20.3
127x76x13	473	55.7	5.35	1.84	74.6	14.7	84.2	22.6	0.896	16.3	0.00199	2.85	16.5